



GEOGRAFÍA



PUNTOS DE VISTA



CARTA TOPOGRÁFICA



TALLERES GRÁFICOS



FOTOGRAMETRÍA

# IGN

Instituto Geográfico Nacional  
REPÚBLICA ARGENTINA



RELACIONES INSTITUCIONALES



PRODUCCIÓN



DESCARGA DE MAPAS



GEODESIA



**XII** CONGRESO  
NACIONAL DE  
AGRIMENSURA

**9, 10 y 11 | OCTUBRE 2019**  
Hotel Sheraton | Mendoza - Argentina

# **RAMSAC y POSGAR, la infraestructura necesaria para asegurar la georreferenciación en el País**

**XII Congreso Nacional de Agrimensura**

9 al 11 de Octubre de 2019, Ciudad de Mendoza, República Argentina

M.Sc. Agrim. Diego Piñón  
Director Nacional de Servicios Geográficos



## Contenido

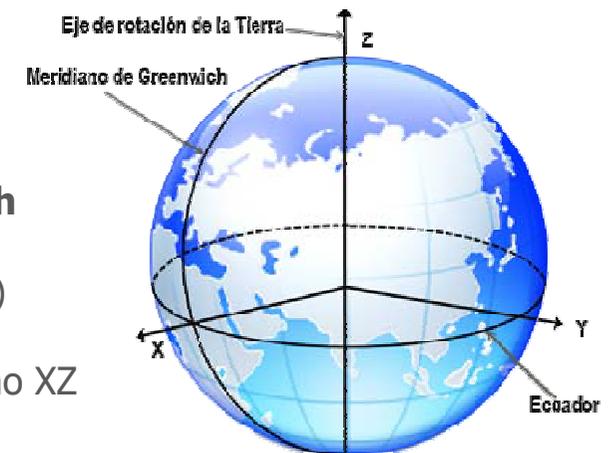


1. Introducción a los sistemas y marcos de referencia globales
2. Marcos de referencia geodésicos regionales
3. Marcos de referencia geodésicos modernos en la Argentina
4. Servicios RAMSAC y RAMSAC-NTRIP
5. Centro de procesamiento científico y modelo de trayectorias no lineales
6. Servicio PPP-Ar

- 1. Introducción a los sistemas y marcos de referencia globales**
2. Marcos de referencia geodésicos regionales
3. Marcos de referencia geodésicos modernos en la Argentina
4. Servicios RAMSAC y RAMSAC-NTRIP
5. Centro de procesamiento científico y modelo de trayectorias no lineales
6. Servicio PPP-Ar

### Sistema de Referencia Global ITRS (Sistema de Referencia Internacional Terrestre)

- Sistema fijo a la Tierra, con su **origen** coincidente con el **geocentro** (centro de masa de la Tierra)
- **Eje X**, se ubica fijo en la dirección del **Meridiano de Greenwich**
- **Eje Z**, coincidente con el eje de rotación terrestre (**dir. del polo**)
- **Eje Y**, situado sobre el **plano ecuatorial** y perpendicular al plano XZ
- Todas estas direcciones están definidas para una **época en particular** que forma parte de la definición
- Definido por el **IERS** (Servicio Internacional de Rotación Terrestre)





### Marco de Referencia Global ITRF (Marco de Referencia Internacional Terrestre)

- **Materialización** del Sistema de Referencia Internacional Terrestre (ITRS)
- **Lista de coordenadas y velocidades** para una selección de estaciones permanentes
- Se calcula periódicamente. La última publicación es el **ITRF14**
- El “**acceso**” al ITRF es a través de las **estaciones GNSS permanentes**



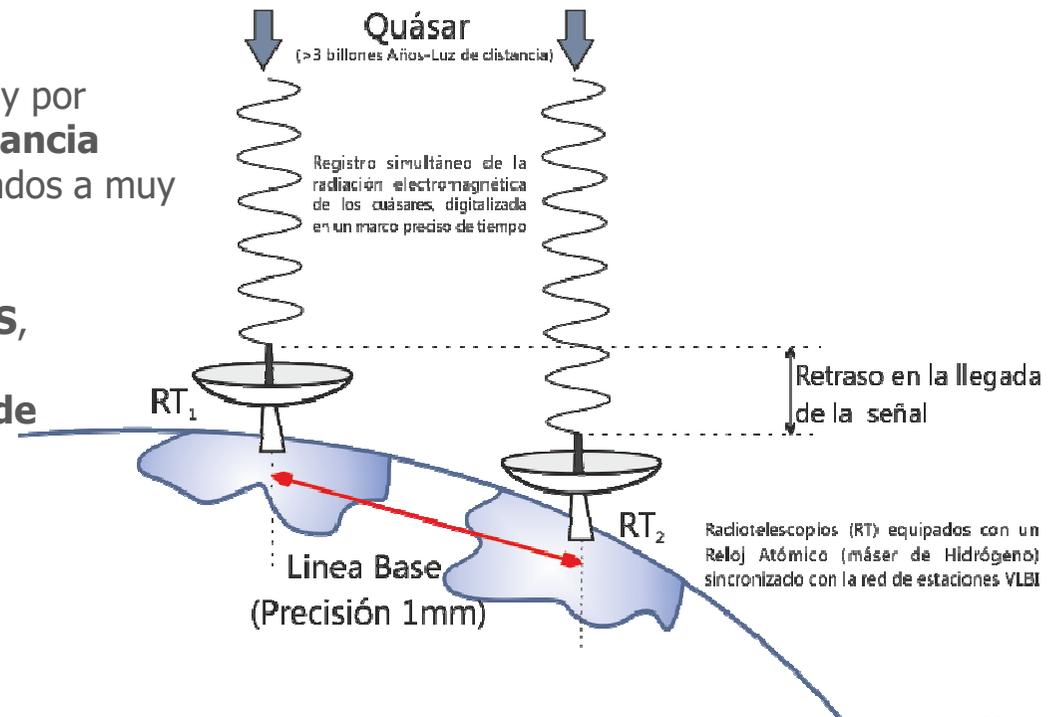
### Marco de Referencia Global ITRF (Marco de Referencia Internacional Terrestre)

Las **técnicas para la determinación** del Marco de Referencia ITRF son las siguientes:

- **VLBI:** Interferometría de Base Muy Larga
- **SLR:** Medición Láser a Satélites
- **DORIS:** Orbitografía Doppler y Posicionamiento Radial Integrado por Satélite
- **GNSS:** Sistema de navegación Satelital Global

## VLBI (Very Long Baseline Interferometry) Interferometría de base muy larga

- Realiza **mediciones hacia cuásares** y por interferometría permite calcular la **distancia entre centros de observación** ubicados a muy larga distancia en forma muy precisa
- Esta técnica permite establecer el **ITRS**, como así también contribuye a la **determinación de los parámetros de rotación terrestre**



## VLBI (Very Long Baseline Interferometry) Interferometría de base muy larga

Observatorio Argentino Alemán de Geodesia (AGGO)



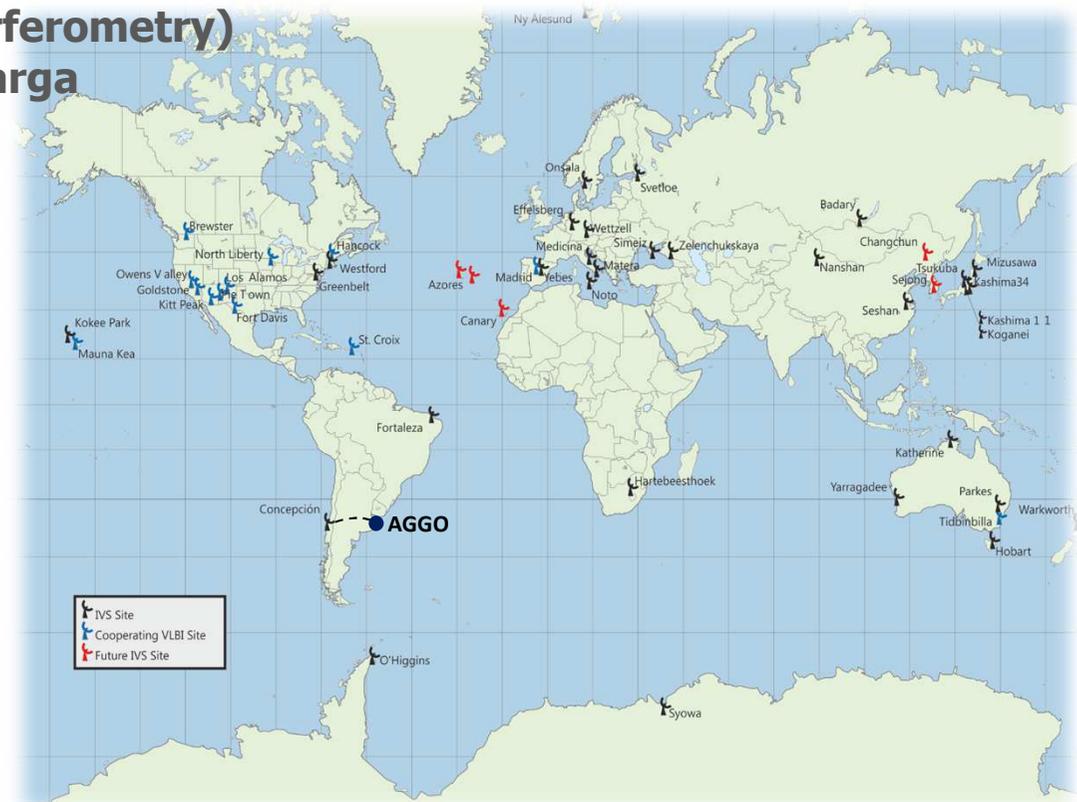
Bundesamt für  
Kartographie und Geodäsie





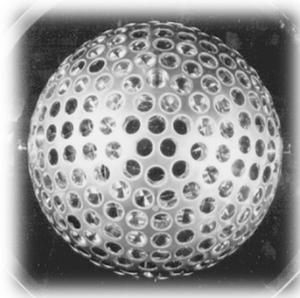
## VLBI (Very Long Baseline Interferometry) Interferometría de base muy larga

Estaciones que contribuyen con el Servicio Internacional del VLBI (IVS), Asociación Internacional de Geodesia

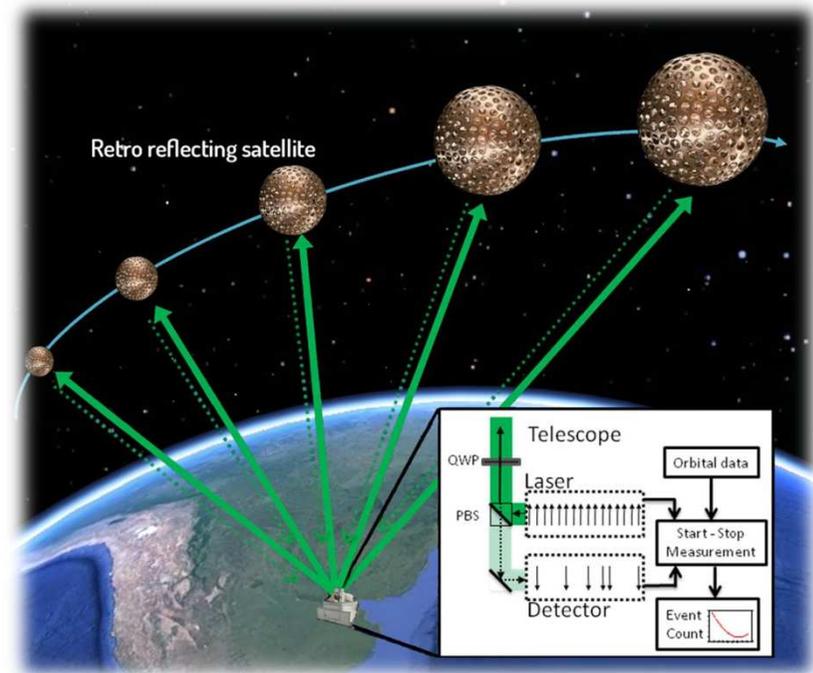


## SLR (Satellite Laser Ranging) Medición láser a satélites

- **Medición de distancias a satélites** desde observatorios sobre la superficie de terrestre
- La medición se realiza con láser, teniendo en cuenta **el tiempo que tarda la señal en llegar al satélite y regresar**



Satélite LAGEOS  
(LAsEr GEODinamics  
Satellite)



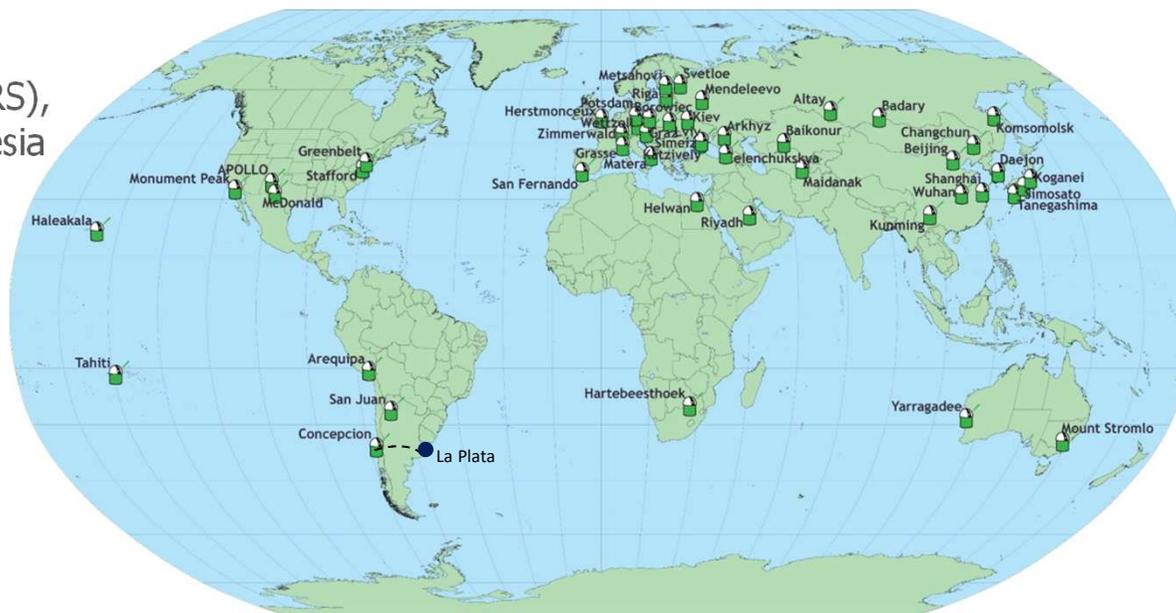
## SLR (Satellite Laser Ranging) Medición láser a satélites

Observatorio Astronómico "Félix Aguilar" (OFA)



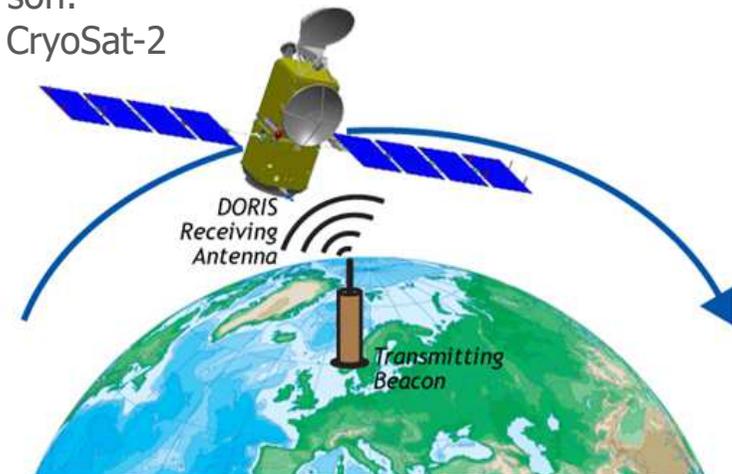
## SLR (Satellite Laser Ranging) Medición láser a satélites

Estaciones que contribuyen con el Servicio Internacional del SLR (ILRS), Asociación Internacional de Geodesia



### DORIS (Doppler Orbitography and Radio Positioning Integrated by Satellite) Orbitografía Doppler y Posicionamiento Radial Integrado por Satélite

- Permite **calcular la órbita de los satélites** con gran precisión utilizando el efecto **Doppler**
- Tanto el **satélite** como el **receptor** (beacon), **emiten y reciben las señales**
- Algunos de los satélites que tienen receptores DORIS son:  
TOPEX/Poseidon, Jason 1/23, Envisat, SPOT, HY-2A y CryoSat-2



## DORIS (Doppler Orbitography and Radio Positioning Integrated by Satellite) Orbitografía Doppler y Posicionamiento Radial Integrado por Satélite

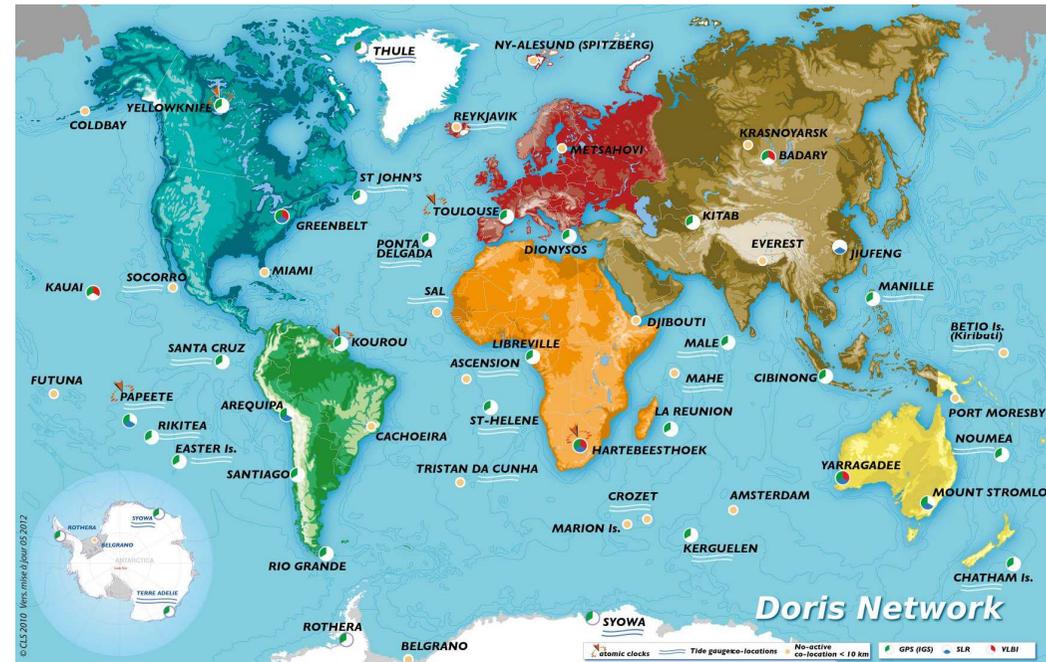
Observatorio Astronómico "Félix Aguilar" (OAFa)





## DORIS (Doppler Orbitography and Radio Positioning Integrated by Satellite) Orbitografía Doppler y Posicionamiento Radial Integrado por Satélite

Estaciones que contribuyen con el Servicio Internacional del DORIS (IDS), Asociación Internacional de Geodesia



### GNSS (Global Navigation Satellite System) Sistema de Navegación Satelital Global

- Permite obtener las **coordenadas precisas de puntos** medidos sobre la **superficie terrestre**, referidas a un Marco de Referencia Global
- Para determinar su posición, un usuario utiliza **4 o más satélites**
- **Medición indirecta de distancias** a satélites, cuyas coordenadas son conocidas
- Existen distintas constelaciones de satélites: GPS, GLONASS, GALILEO...



## GNSS (Global Navigation Satellite System) Sistema de Navegación Satelital Global

Estaciones que contribuyen con el Servicio Internacional del GNSS (IGS), Asociación Internacional de Geodesia



1. Introducción a los sistemas y marcos de referencia globales
- 2. Marcos de referencia geodésicos regionales**
3. Marcos de referencia geodésicos modernos en la Argentina
4. Servicios RAMSAC y RAMSAC-NTRIP
5. Centro de procesamiento científico y modelo de trayectorias no lineales
6. Servicio PPP-Ar



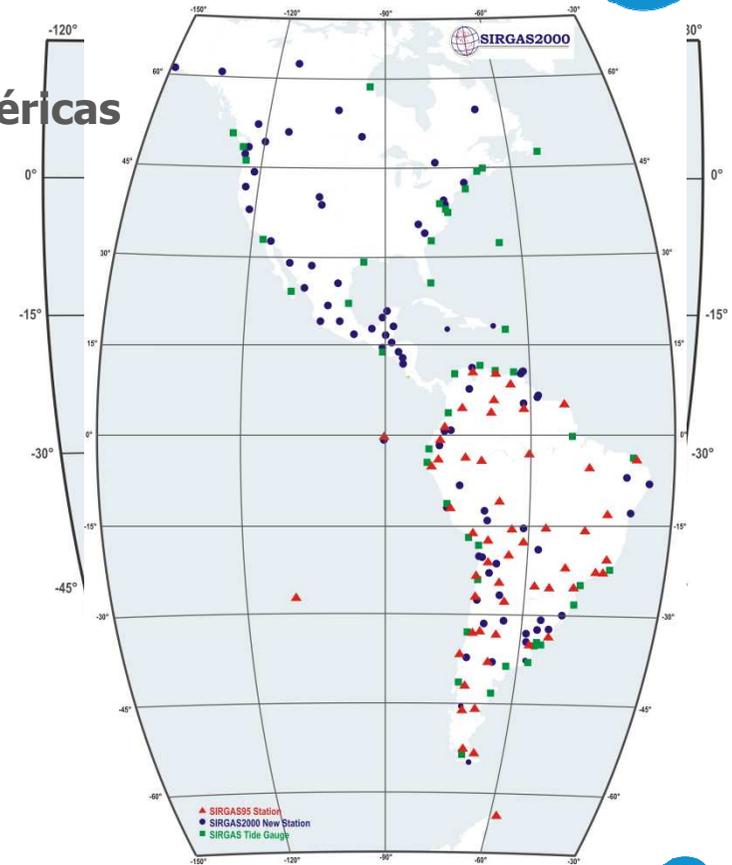
### SIRGAS Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

- Nació en **1993**
- Es miembro de la **Subcomisión 1.3** (Marcos de Referencia Regionales) de la Comisión 1 de la **Asociación Internacional de Geodesia** y es un **Grupo de Trabajo** de la **Comisión de Cartografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia**
- Es un organización no gubernamental que tiene por objeto **definir, materializar y mantener el sistema de referencia geocéntrico tridimensional de las Américas** y un sistema de alturas físicas unificado y de consistencia global.
- Sus objetivos específicos abarcan (entre otros):
  - **Establecimiento y mantenimiento de un marco de referencia** geocéntrico continental: **red de estaciones** con coordenadas geocéntricas  $[X, Y, Z]$  de alta precisión y su variación con el tiempo  $[V_x, V_y, V_z]$
  - **Densificación del marco de referencia** continental en los **países de la región SIRGAS**, así como la promoción y apoyo en su utilización práctica y científica



### SIRGAS Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

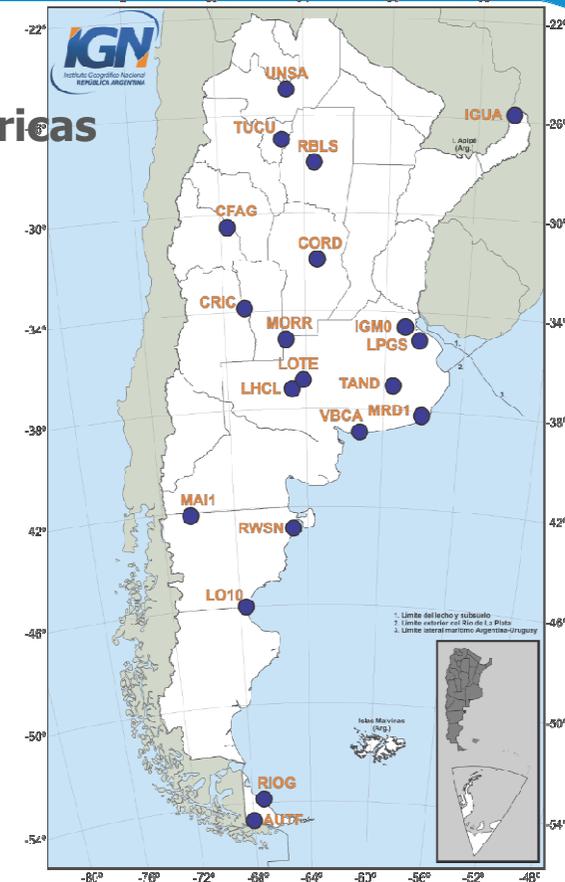
- Solución del **año 1995** (color rojo en el mapa)
  - Vinculado al **ITRF94** (época 1995.4)
  - 58 puntos
- Solución **del año 2000** (color azul)
  - Vinculado al **ITRF2000** (época 2000.4)
  - 184 puntos



### SIRGAS

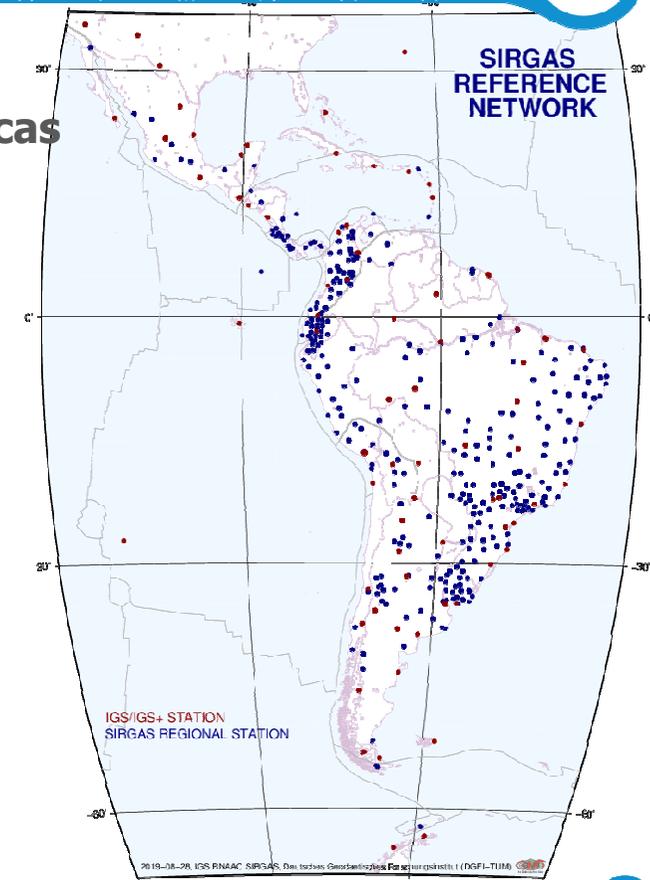
### Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

- Solución del **año 1995**
  - **10 puntos** en Argentina
    - 6 puntos POSGAR
- Solución del **año 2000**
  - **20 puntos** en Argentina
    - 12 estaciones permanentes
    - 8 puntos POSGAR



### SIRGAS Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

- Última solución disponible → **SIR17P01**
  - Ajustada al **IGS14**, época 2015.0
  - Cubre desde 2011-04-17 hasta 2017-01-28
- ~400 estaciones GNSS permanentes

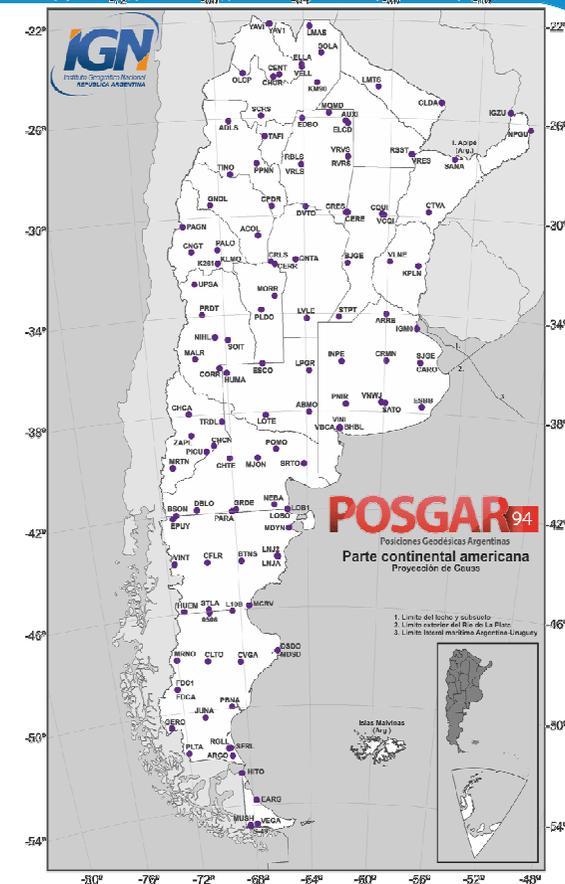


1. Introducción a los sistemas y marcos de referencia globales
2. Marcos de referencia geodésicos regionales
- 3. Marcos de referencia geodésicos modernos en la Argentina**
4. Servicios RAMSAC y RAMSAC-NTRIP
5. Centro de procesamiento científico y modelo de trayectorias no lineales
6. Servicio PPP-Ar

# POSGAR<sup>94</sup>

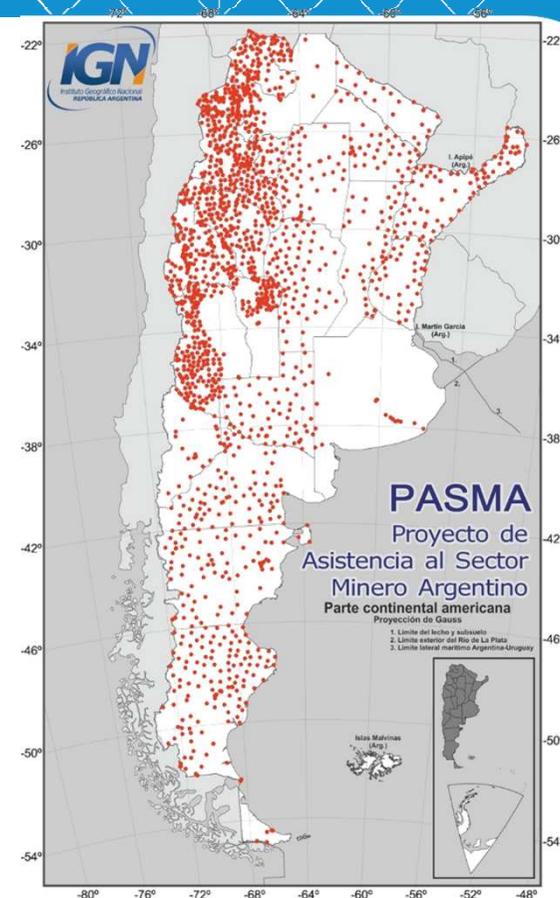
Posiciones Geodésicas Argentinas

- Medido por el IGN en **1993-1994**
- Procesado por la UNLP con **software comercial (GPPS)**
- Oficializado el **13 de mayo de 1997** (Disp.13/97)
- Primer Marco de Referencia Geocéntrico de Sudamérica
- Vinculado a **WGS84**
- 127 puntos
  - 54 puntos trigonométricos
  - 23 puntos de proyecto "Central Andes Project" (CAP)



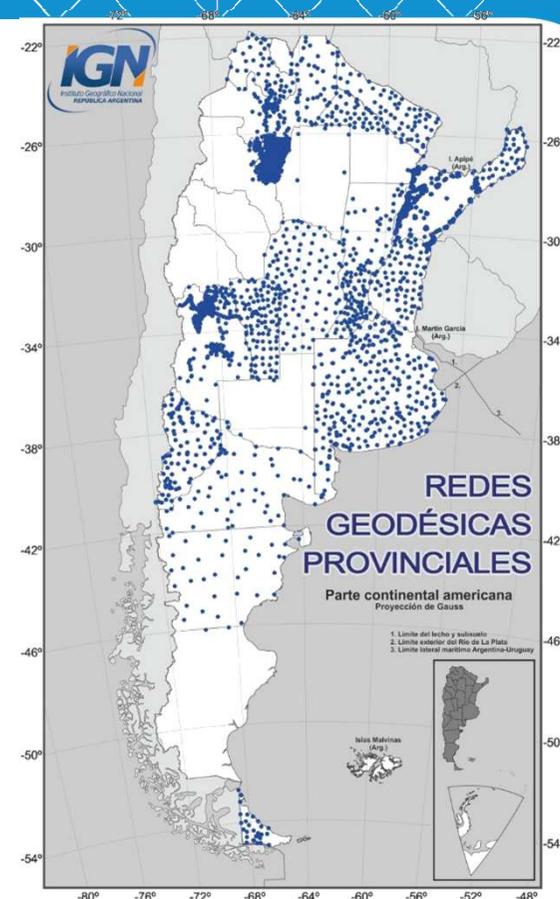
### PASMA Proyecto de Asistencia al Sector Minero Argentino

- Financiamiento para materializar redes geodésicas
- Medido en **1998-2001**
- Procesado con **softwares comerciales**
- Vinculado a **POSGAR 94**
- **~1800 puntos**



### Redes Geodésicas Provinciales Programa de Saneamiento Financiero y Desarrollo Económico de las Provincias Argentinas

- Las provincias acceden a préstamos otorgados por Organismos Financieros Internacionales (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, y el Banco Interamericano de Desarrollo)
- Se miden hacia **fines de 1990 y comienzos de 2000**
- Procesado con **software comercial**
- Vinculado a **diversos marcos de referencia**
- **~3000 puntos**



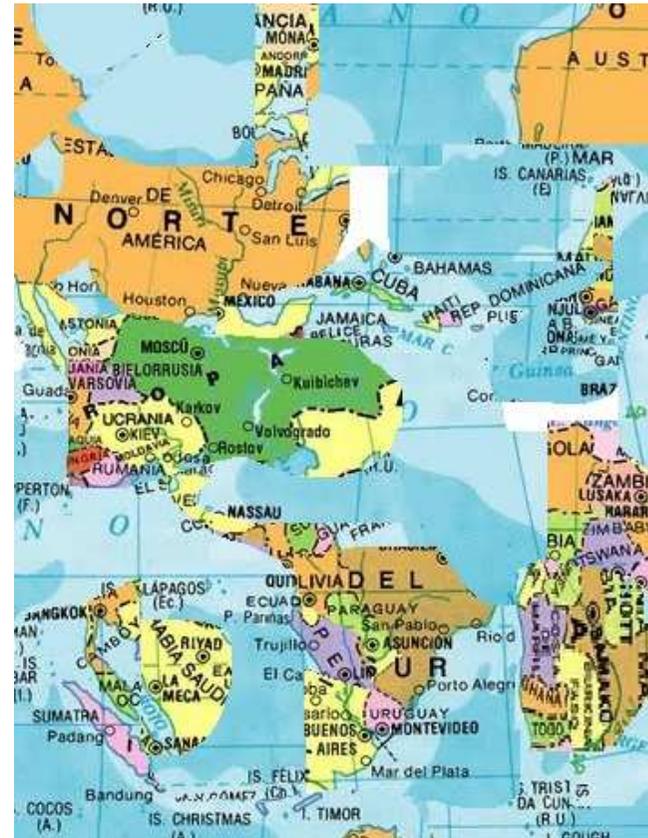
## Situación de los marcos de referencia al 2005

PROVINCIA	MARCO DE REFERENCIA
BUENOS AIRES	POSGAR 94
CÓRDOBA	POSGAR 94
CORRIENTES	POSGAR 94
ENTRE RÍOS	POSGAR 94
FORMOSA	POSGAR 94
JUJUY	POSGAR 94
MISIONES	POSGAR 94
NEUQUÉN	POSGAR 94
RÍO NEGRO	POSGAR 94
SAN JUAN	POSGAR 94
SAN LUIS	POSGAR 94
SANTIAGO DEL ESTERO	POSGAR 94

PROVINCIA	MARCO DE REFERENCIA
CATAMARCA	CAMPO INCHAUSPE
CHACO	CAMPO INCHAUSPE
LA PAMPA	CAMPO INCHAUSPE
LA RIOJA	CAMPO INCHAUSPE
SANTA CRUZ	CAMPO INCHAUSPE
SANTA FE	WGS 84
CHUBUT	SAGA
MENDOZA	POSGAR 98
SALTA	POSGAR 98
TUCUMÁN	POSGAR 98
TIERRA DEL FUEGO	TDF 95
PASMA	POSGAR 94

¿Qué ocurre si no se utiliza un **Marco de Referencia Único?**

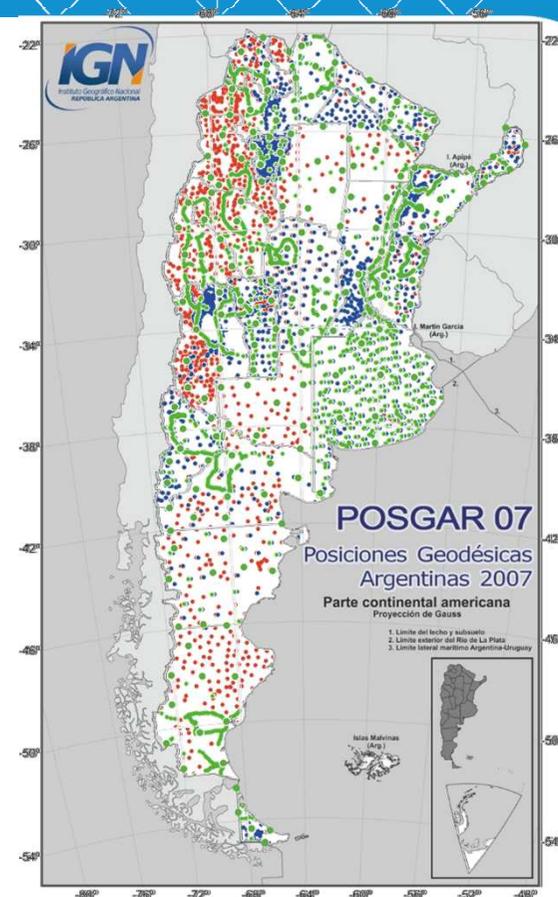
**Necesidad de unificar los marcos de referencia**



# POSGAR<sup>07</sup>

Posiciones Geodésicas Argentinas

- Medido por el IGN en **2005-2007**
- Procesado con **software científico** (GAMIT/GLOB-K)
- Oficializado el **15 de mayo de 2009** (Disp.20/09)
- Vinculado a **IGS05** en la época 2006.632
- 178 puntos de orden cero (Red POSGAR 07)
- ~3000 puntos de redes provinciales
- ~1800 puntos de la red PASMA
- >2000 puntos de la red densificación POSGAR 07



## POSGAR<sup>07</sup> Posiciones Geodésicas Argentinas

### Parámetros de transformación para la red provincial de Mendoza

Desplazamiento en eje X [m]	-0.333
Desplazamiento en eje Y [m]	-0.144
Desplazamiento en eje Z [m]	0.008
Rotación en eje X [arc seg]	0.007218
Rotación en eje Y [arc seg]	-0.010125
Rotación en eje Z [arc seg]	0.003285
Factor de escala [p.p.m.]	-0.0029172270
Desvío estándar en Este [m]	0.007
Desvío estándar en Norte [m]	0.003
Desvío estándar en Altura [m]	0.007

### Parámetros de transformación para la red PASMA de Mendoza

Desplazamiento en eje X [m]	-2.257
Desplazamiento en eje Y [m]	-0.107
Desplazamiento en eje Z [m]	-1.853
Rotación en eje X [arc seg]	-0.020994
Rotación en eje Y [arc seg]	-0.059860
Rotación en eje Z [arc seg]	0.041250
Factor de escala [p.p.m.]	0.0008138450
Desvío estándar en Este [m]	0.035
Desvío estándar en Norte [m]	0.017
Desvío estándar en Altura [m]	0.042

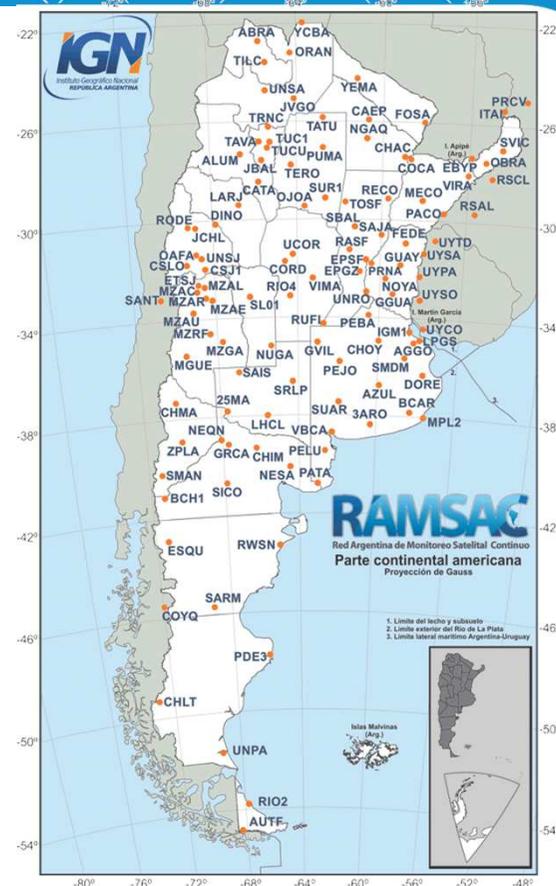


1. Introducción a los sistemas y marcos de referencia globales
2. Marcos de referencia geodésicos regionales
3. Marcos de referencia geodésicos modernos en la Argentina
- 4. Servicios RAMSAC y RAMSAC-NTRIP**
5. Centro de procesamiento científico y modelo de trayectorias no lineales
6. Servicio PPP-Ar

# RAMSAC

Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

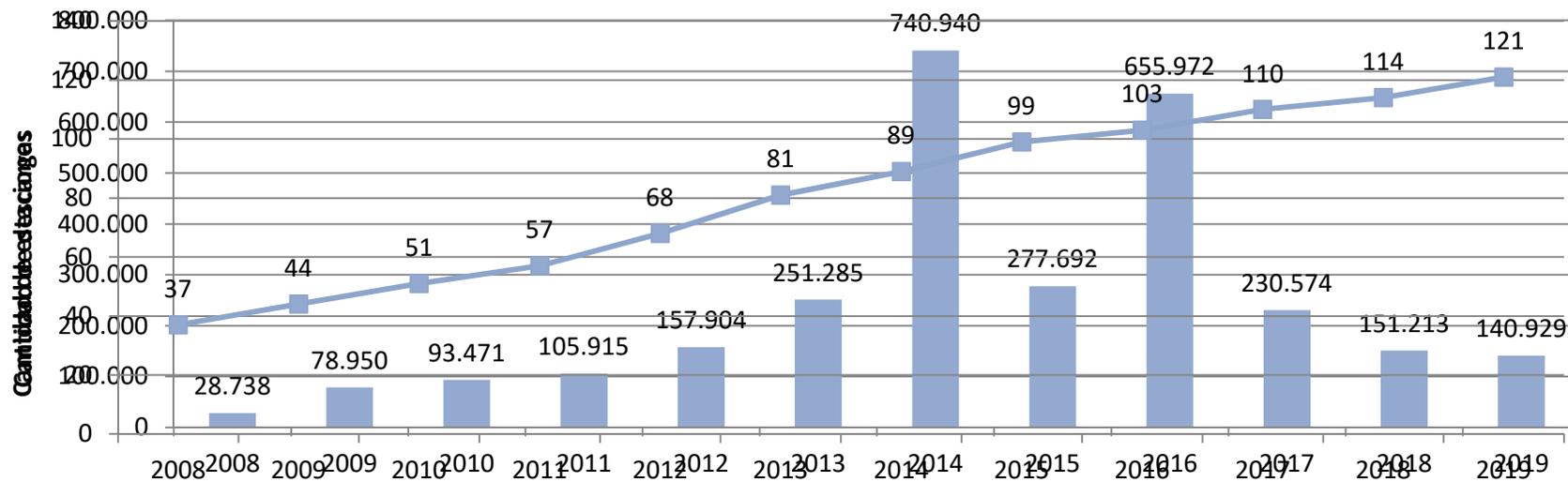
- Nació en **1998**
- **119 estaciones** GPS/GNSS permanentes (3 en Antártida), cuyas coordenadas están referidas al marco **POSGAR 07**
- Servicio **público y gratuito**
- Constituida con el apoyo de Instituciones Nacionales y Provinciales Direcciones de Catastro, Universidades, Consejos Profesionales y Empresas



# RAMSAC

Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

Cantidad de Estaciones por mes y por año

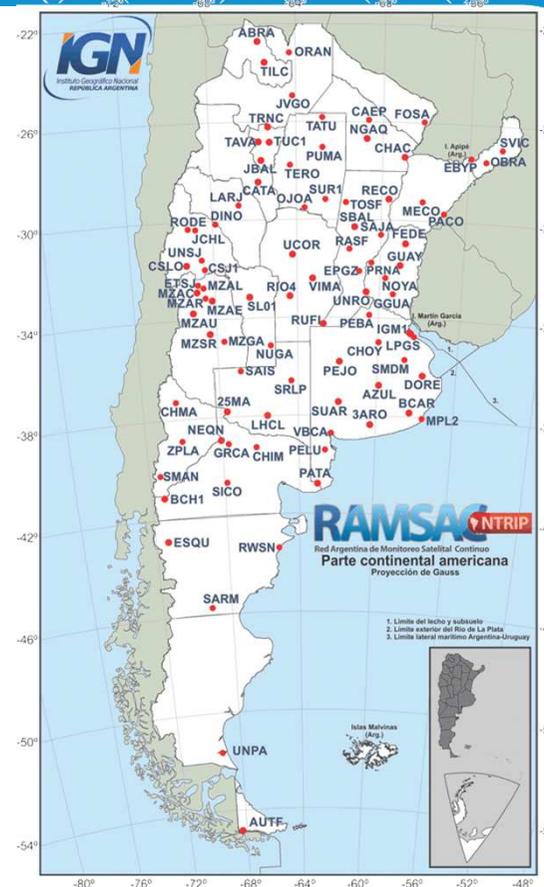


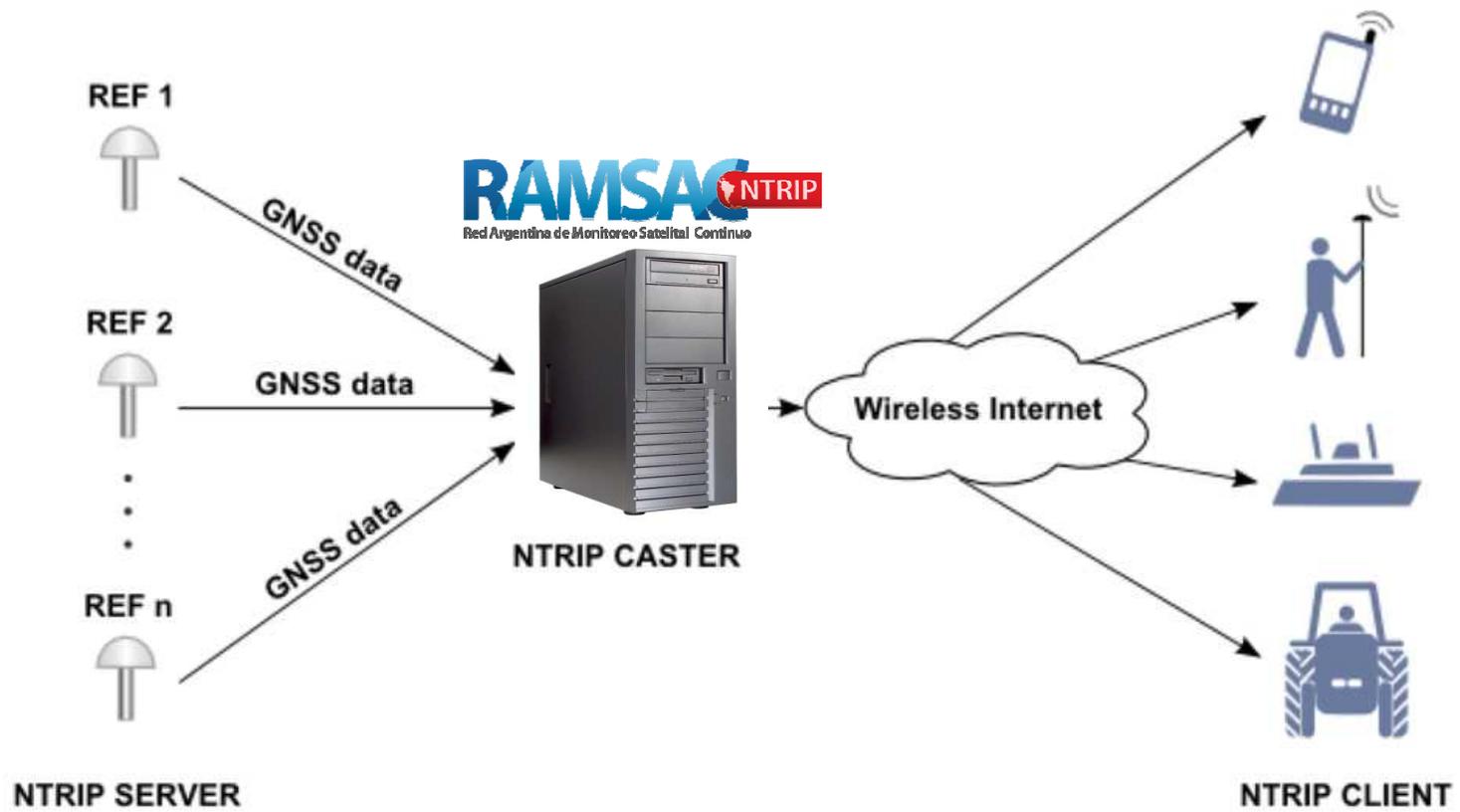


# RAMSAC NTRIP

Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

- Nació en **2010**
- **91 estaciones** GPS/GNSS permanentes
- **Servicio público y gratuito** de correcciones diferenciales en tiempo real (para aplicaciones RTK)
- Correcciones están referidas al marco **POSGAR 07**

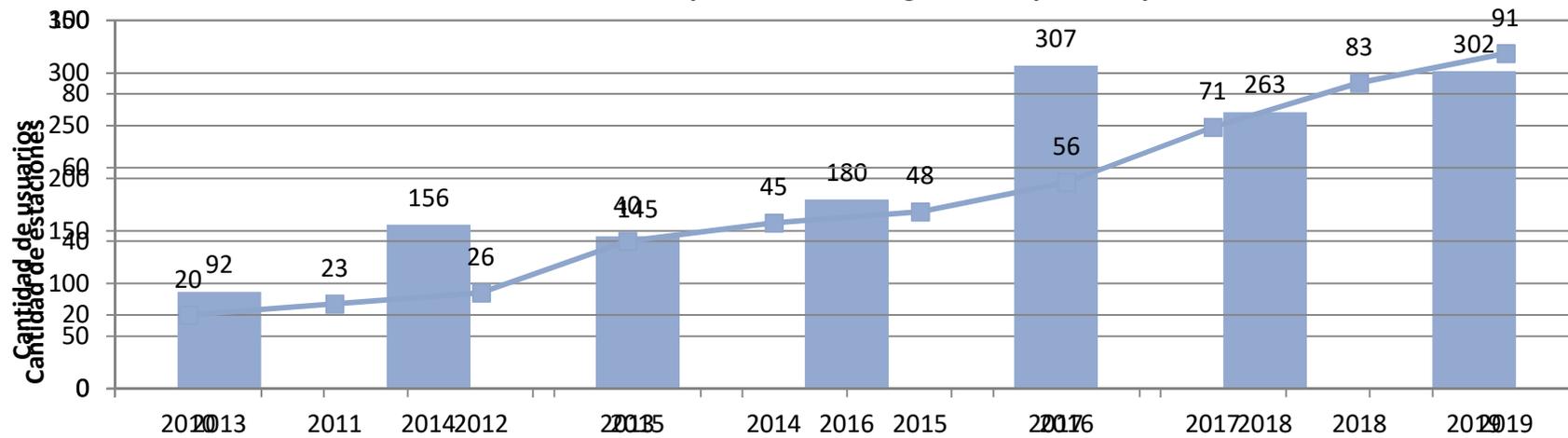




# RAMSAC NTRIP

Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

Cantidad de estaciones registradas por año

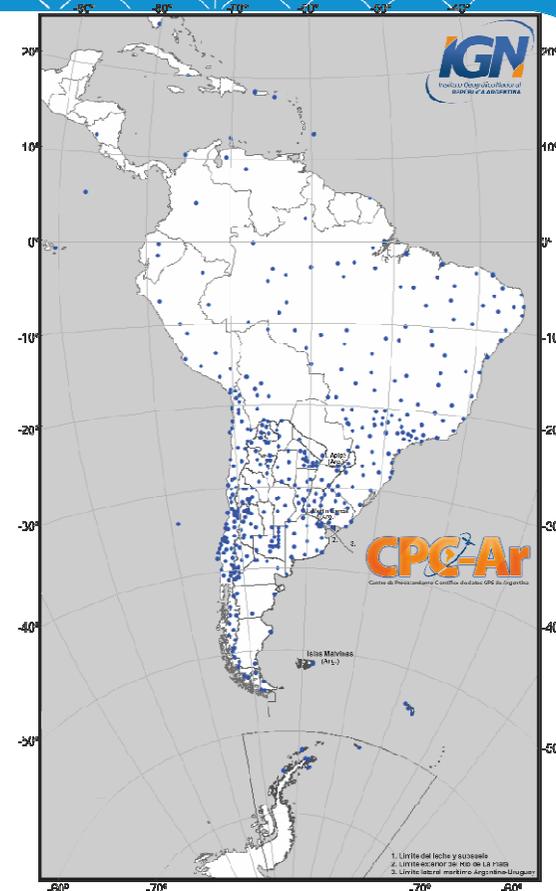


1. Introducción a los sistemas y marcos de referencia globales
2. Marcos de referencia geodésicos regionales
3. Marcos de referencia geodésicos modernos en la Argentina
4. Servicios RAMSAC y RAMSAC-NTRIP
- 5. Centro de procesamiento científico y modelo de trayectorias no lineales**
6. Servicio PPP-Ar

# CPC-Ar

Centro de Procesamiento Científico de datos GPS de Argentina

- Nació en **2005**
- A partir del **2011** funciona como **centro oficial** de SIRGAS
- Procesamiento diario de **~350 estaciones** GPS/GNSS permanentes mediante el software científico **GAMIT/GLOBK**
- Se generan **2 soluciones semanales**:
  - Constreñida al marco de referencia **POSGAR 07**
  - Una sin constreñir (*loosely-constrained*) en el marco **ITRF14** para **SIRGAS**





Centro de Procesamiento Científico de datos GPS de Argentina

## Clúster de procesamiento

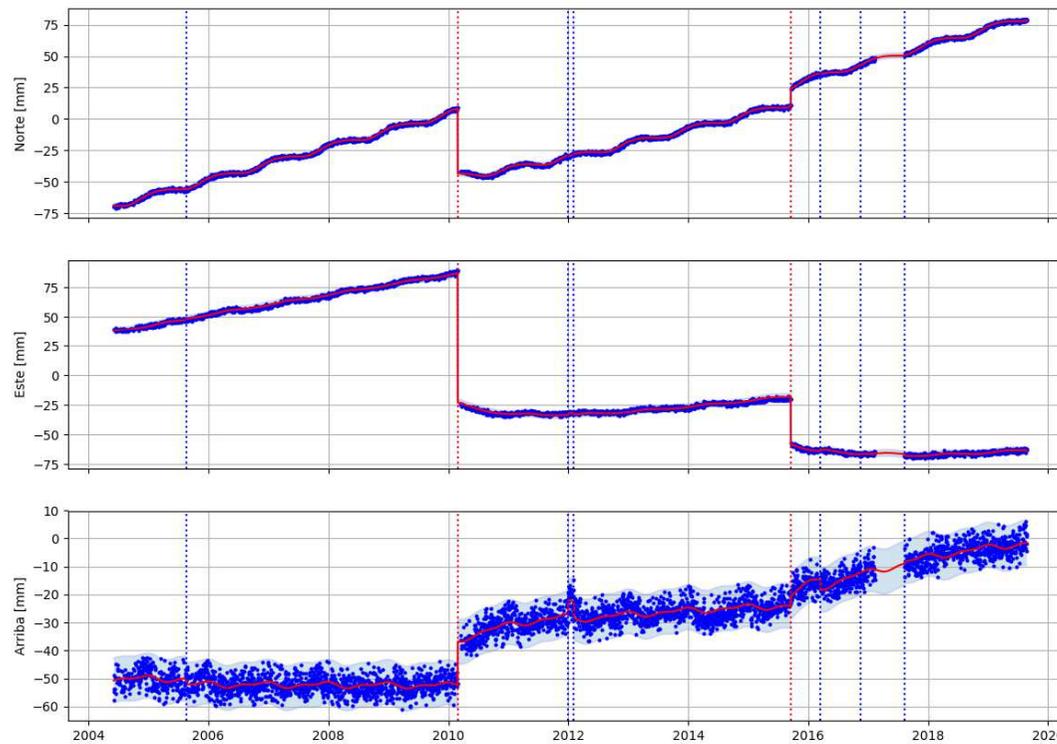
- Servidor con **112 núcleos** (organizado en 3 nodos)
- **256 GB de RAM** en cada nodo
- **50 TB de almacenamiento** para archivos RINEX y resultados procesados
- **Base de datos PostgreSQL** para almacenar resultados y metadatos
- Actualmente contiene **~1.4 millones de archivos RINEX**



# CPC-Ar (series de tiempo)

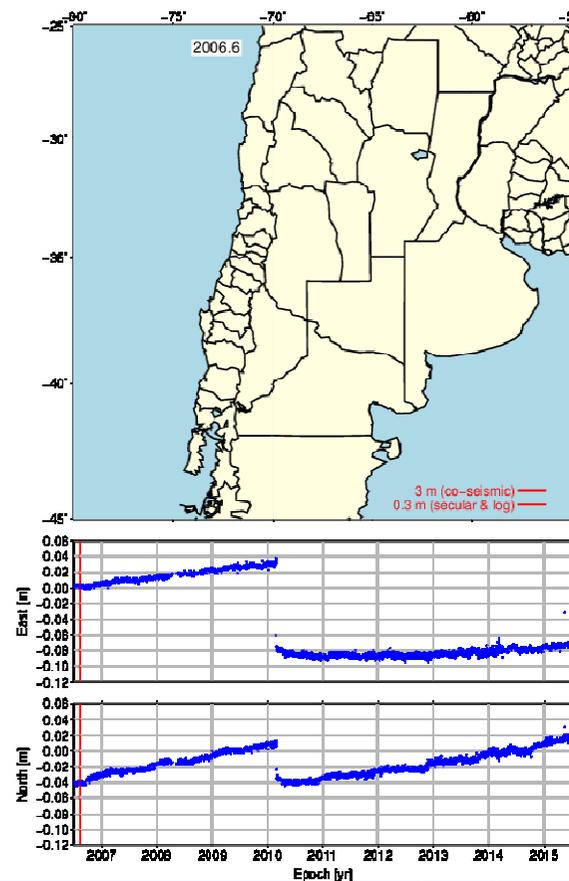


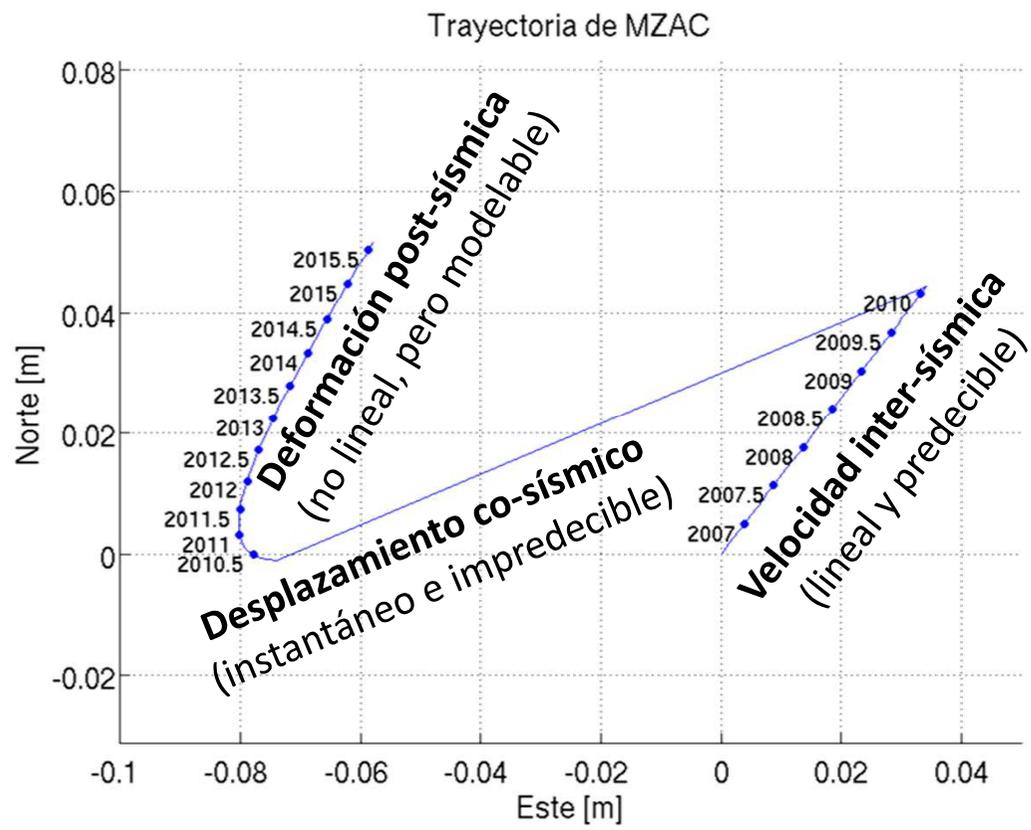
Estación rms.mzac (GAMIT 97.07%) lat: -32.89515 lon: -68.87557  
Posición de ref. (2004.422) X: 1932262.677 Y: -5001226.529 Z: -3444667.857 [m]  
Velocidad N: 13.21 E: 8.41 U: -0.08 [mm/yr]  
Amp. Periódica (1.0 yr, 0.5 yr) N: [2.3 0.2] E: [0.7 0.1] U: [0.8 0.5] [mm]  
NEU wrms [mm]: 0.81 1.12 3.20



### Sismo de Maule

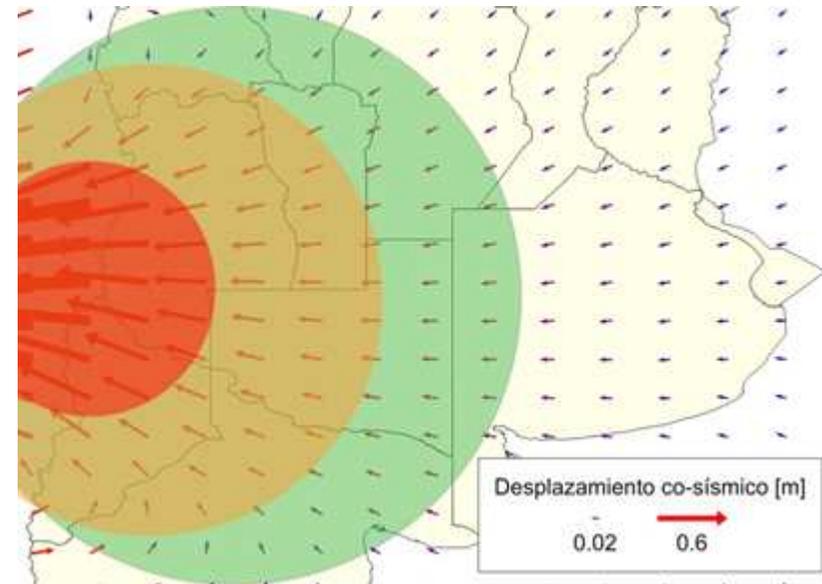
- El 27 de febrero de **2010** ocurrió un **sismo de magnitud 8.8** en la región de Maule (Chile)
- Produjo **deformaciones co- y post-sísmicas** de importante magnitud. Dichas deformaciones se ve reflejadas en las trayectorias de las estaciones GNSS de la región





### Recomendación previo al desarrollo de VEL-Ar

- En el sector color **rojo**, la máxima longitud de vector recomendada es de **50 km**
- En el sector color **amarillo**, la máxima longitud de vector recomendada es de **70 km**
- En el sector color **verde**, la máxima longitud de vector recomendada es de **120 km**



# VEL-Ar

## Modelo de Velocidades de Argentina

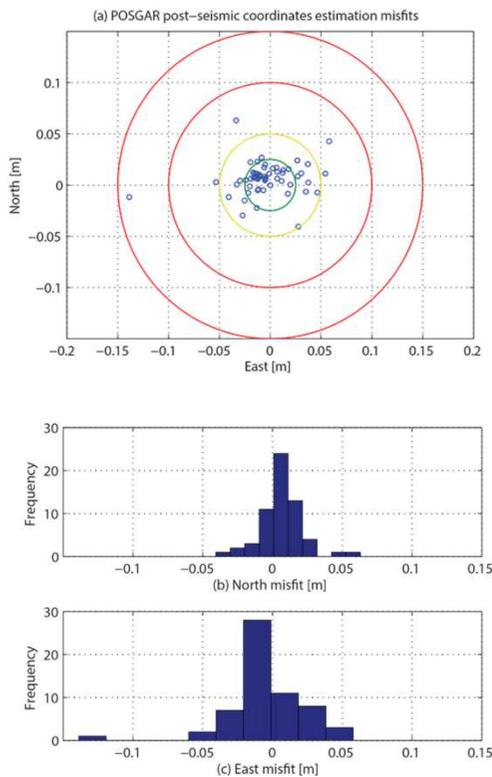
- Oficializado en **2017**
- Permite **acceder** (utilizar) al marco **POSGAR 07** en aquellas zonas afectadas por el sismo



THE UNIVERSITY OF  
MEMPHIS

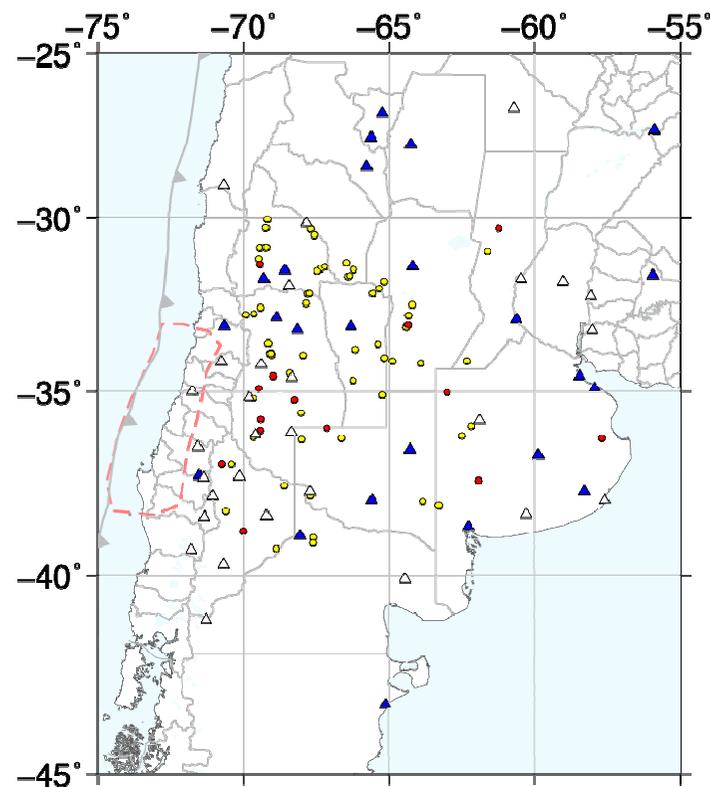


## Modelo de trayectorias no lineales VEL-Ar



**Validación:**  
60 puntos de prueba de la red POSGAR y CAP (con coordenadas anterior y posterior a Maule)

**Errores:**  
~63% < 2.5 cm  
~91% < 5.0 cm



PASO 1 PASO 2 PASO 3 PASO 4 PASO 5 **COORDENADAS POSGAR 07**

¡Gracias por utilizar VEL-Ar!  
Las siguientes coordenadas están referidas al Marco de Referencia geodésico oficial POSGAR 07 (época 2006.632)

Coordenadas POSGAR 07 (época 2006.632)

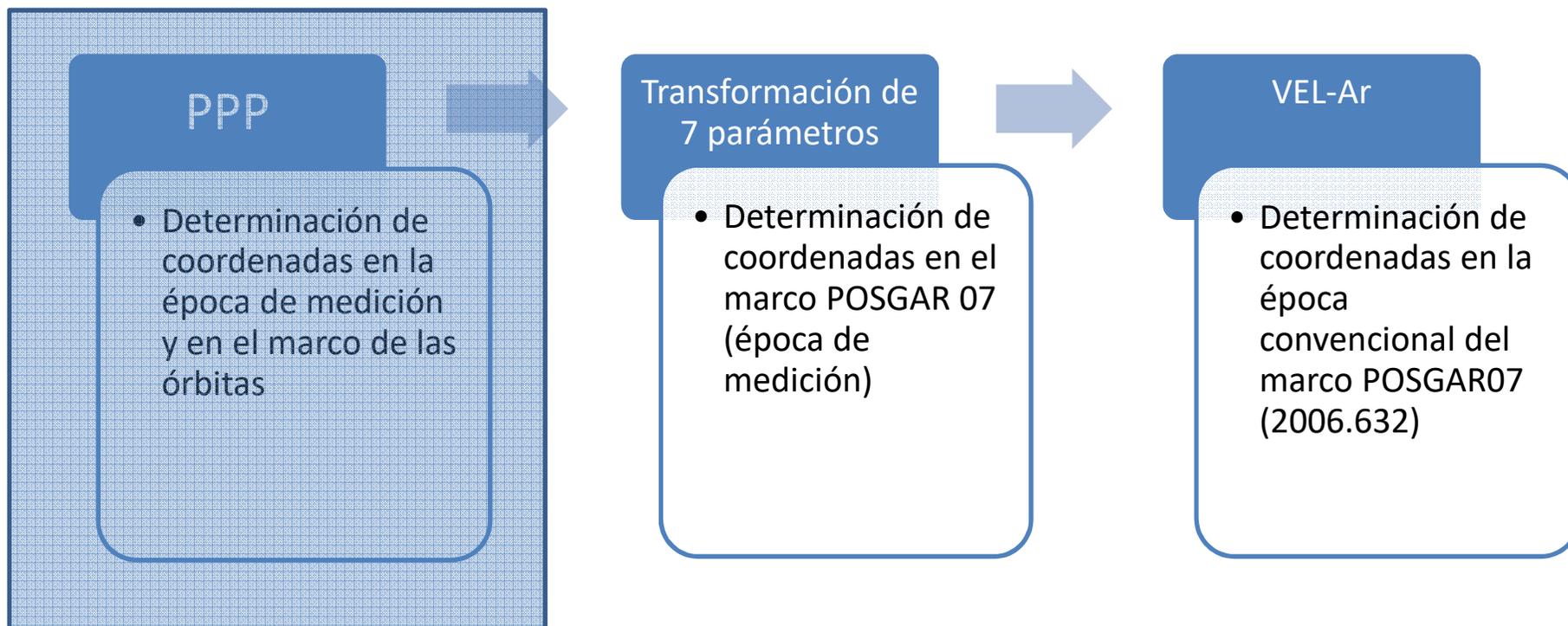
Lat: -32° 56' 32.4610''  
Lon: -69° 1' 35.4701''  
Altura: 1840.150 m

ANTERIOR **VOLVER AL PASO 1**

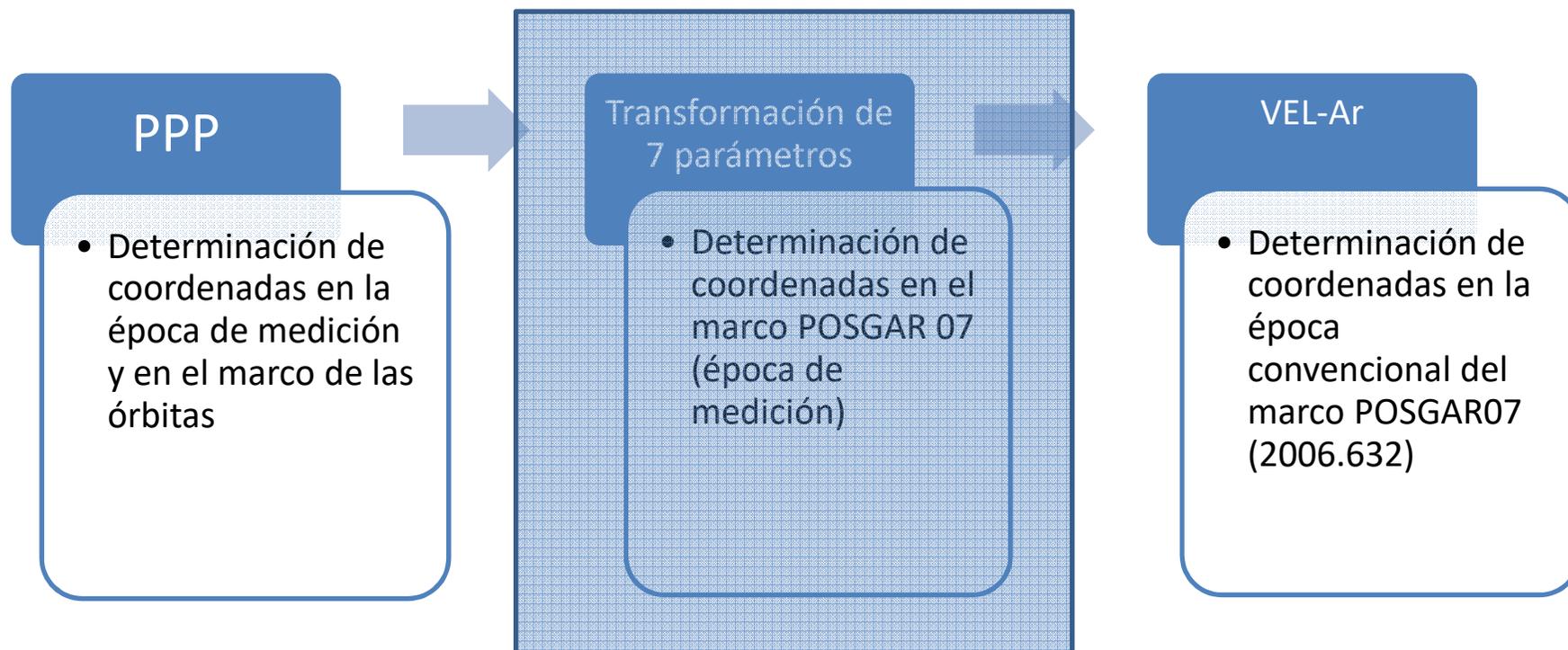
## Contenido

1. Introducción a los sistemas y marcos de referencia globales
2. Marcos de referencia geodésicos regionales
3. Marcos de referencia geodésicos modernos en la Argentina
4. Servicios RAMSAC y RAMSAC-NTRIP
5. Modelo de trayectorias no lineales
- 6. Servicio PPP-Ar**





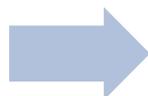
- **Software** a utilizar: PPP desarrollado por *Natural Resources of Canada*
- **Estima**
  - La posición utilizando combinación libre de ionósfera
  - Reloj receptor
  - Ambigüedades de fase de la portadora
  - Corrección troposférica
- **Utiliza**
  - Órbitas (y relojes) rápidas o precisas de los satélites
  - Offset de antena
  - Marea terrestre (IERS2003)
  - Carga oceánica (FES2004)



- Coordenadas PPP de las estaciones RAMSAC (marco de las órbitas)
- Coordenadas de las estaciones en POSGAR07 (IGS05)
- A partir de estas soluciones se determinarán parámetros de transformación semanales aplicando la Transformación de Semejanza de 7 (o 6, sin factor de escala) parámetros:
  - Traslación del origen (TX,TY,TZ)
  - Rotación de los ejes (RX,RY,RZ)
  - Factor de escala ( $1+\mu$ )

**PPP**

- Determinación de coordenadas en la época de medición y en el marco de las órbitas



**Transformación de 7 parámetros**

- Determinación de coordenadas en el marco POSGAR 07 (época de medición)



**VEL-Ar**

- Determinación de coordenadas en la época convencional del marco POSGAR07 (2006.632)

# VEL-Ar

**Modelo de Velocidades de Argentina**

## Consideraciones:

- Actualmente el modelo de predicción de trayectorias VEL-Ar presenta dificultades en la zona de San Juan y norte de Mendoza debido al sismo de Illapel (Mw 8.3) ocurrido en septiembre de 2015
- VEL-Ar requiere ser actualizado para incluir este sismo

### Resultados preliminares

- Para las sesiones de 24 y 6 horas, el 90% de las diferencias entre PPP-Ar y las soluciones de POSGAR07 es  $< 5$  cm
- Para la sesión de 2 horas, el 90% de las diferencias es  $< 8$  cm



GEOGRAFÍA



PUNTOS DE VISTA



CARTA TOPOGRÁFICA

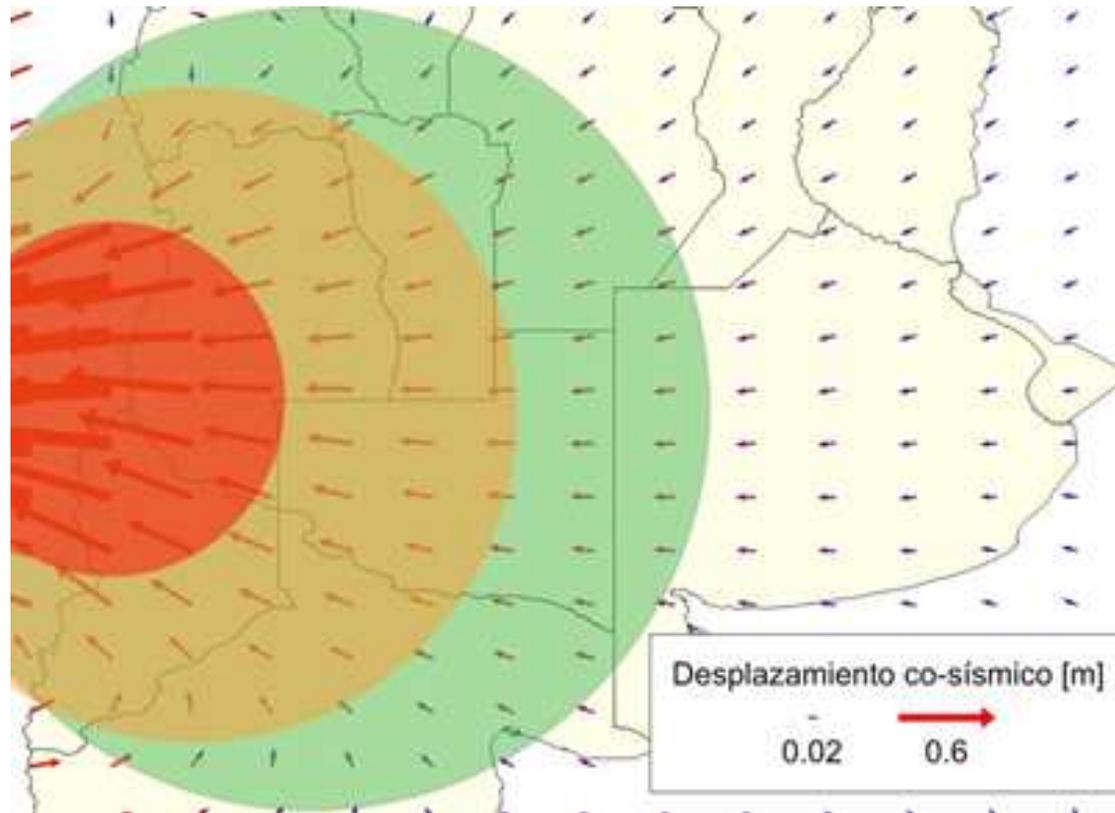


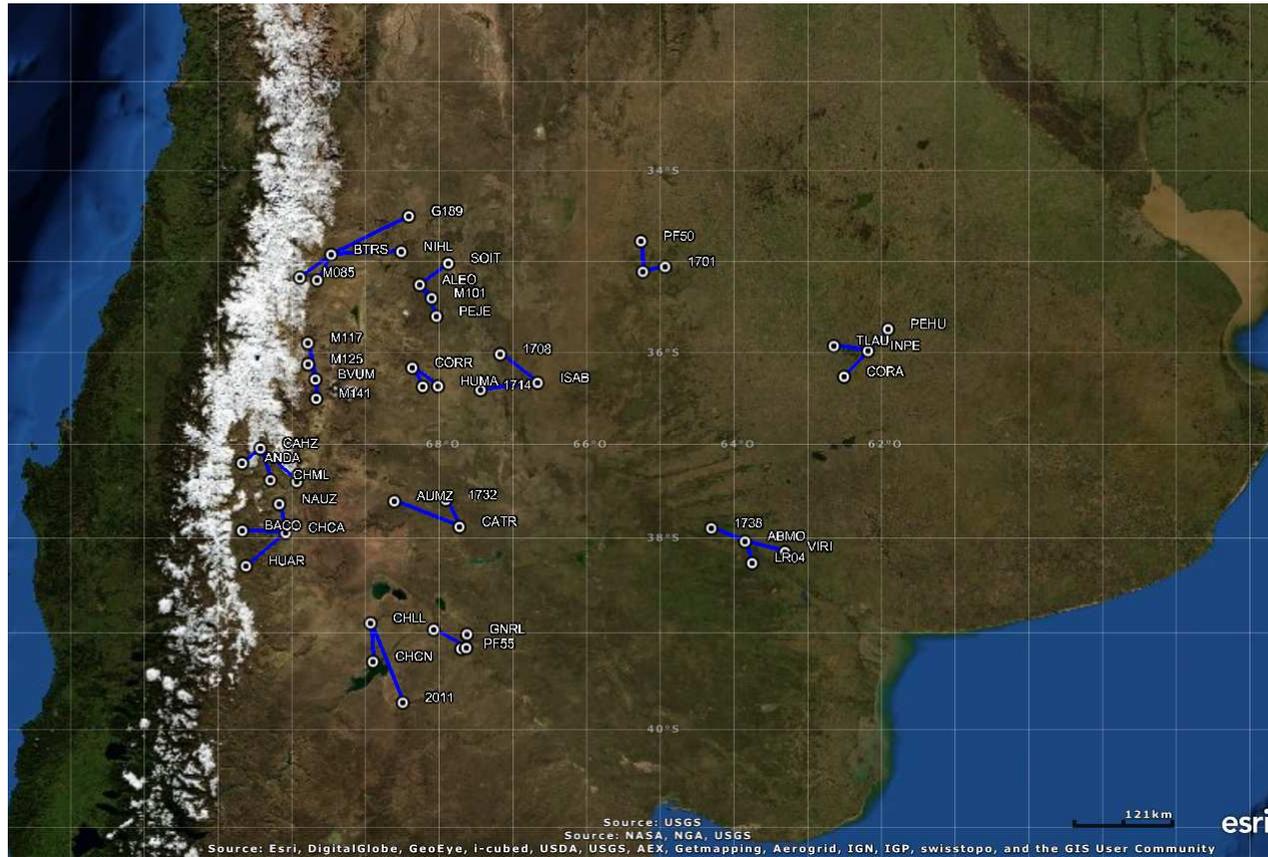
MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

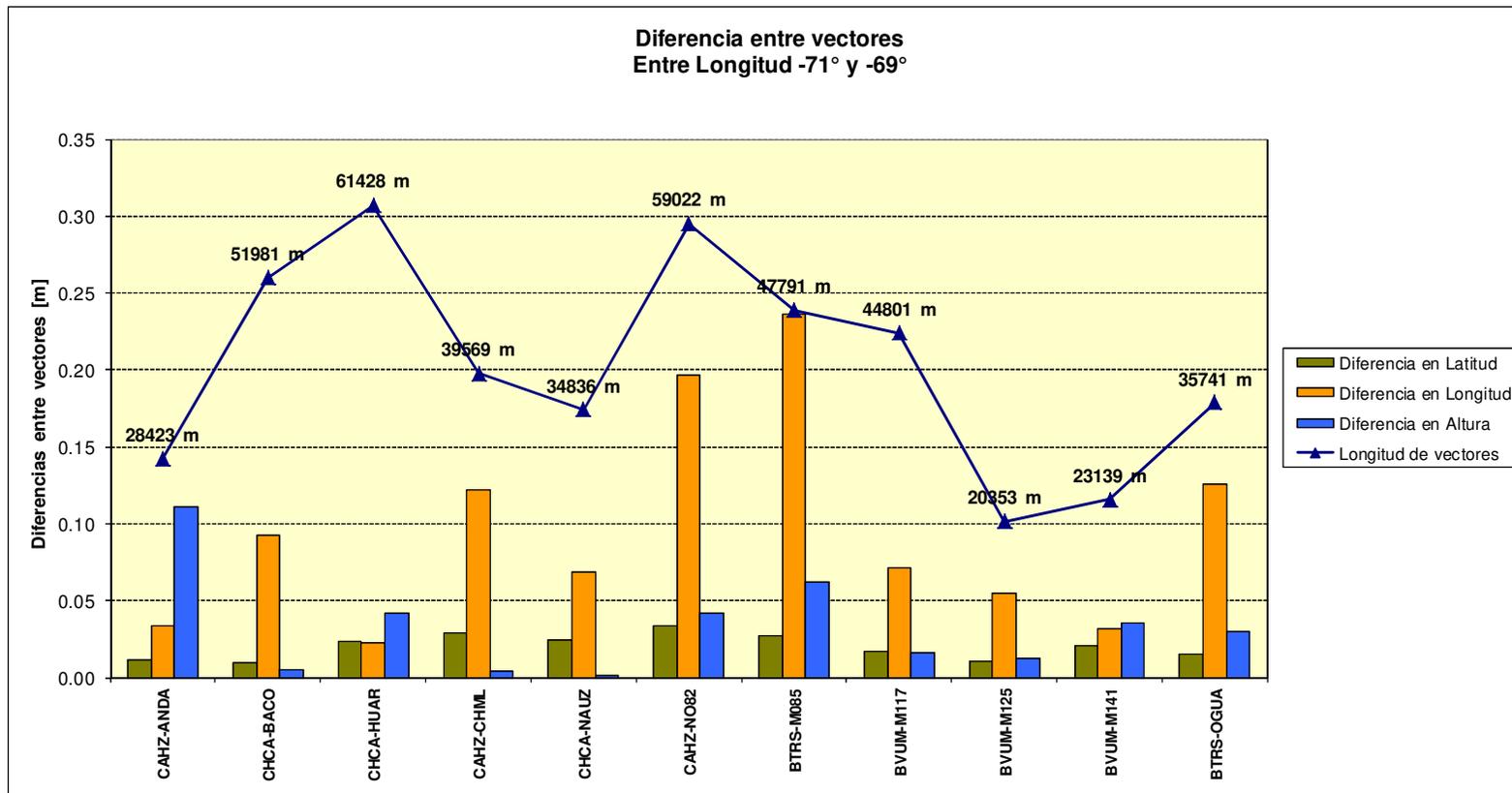


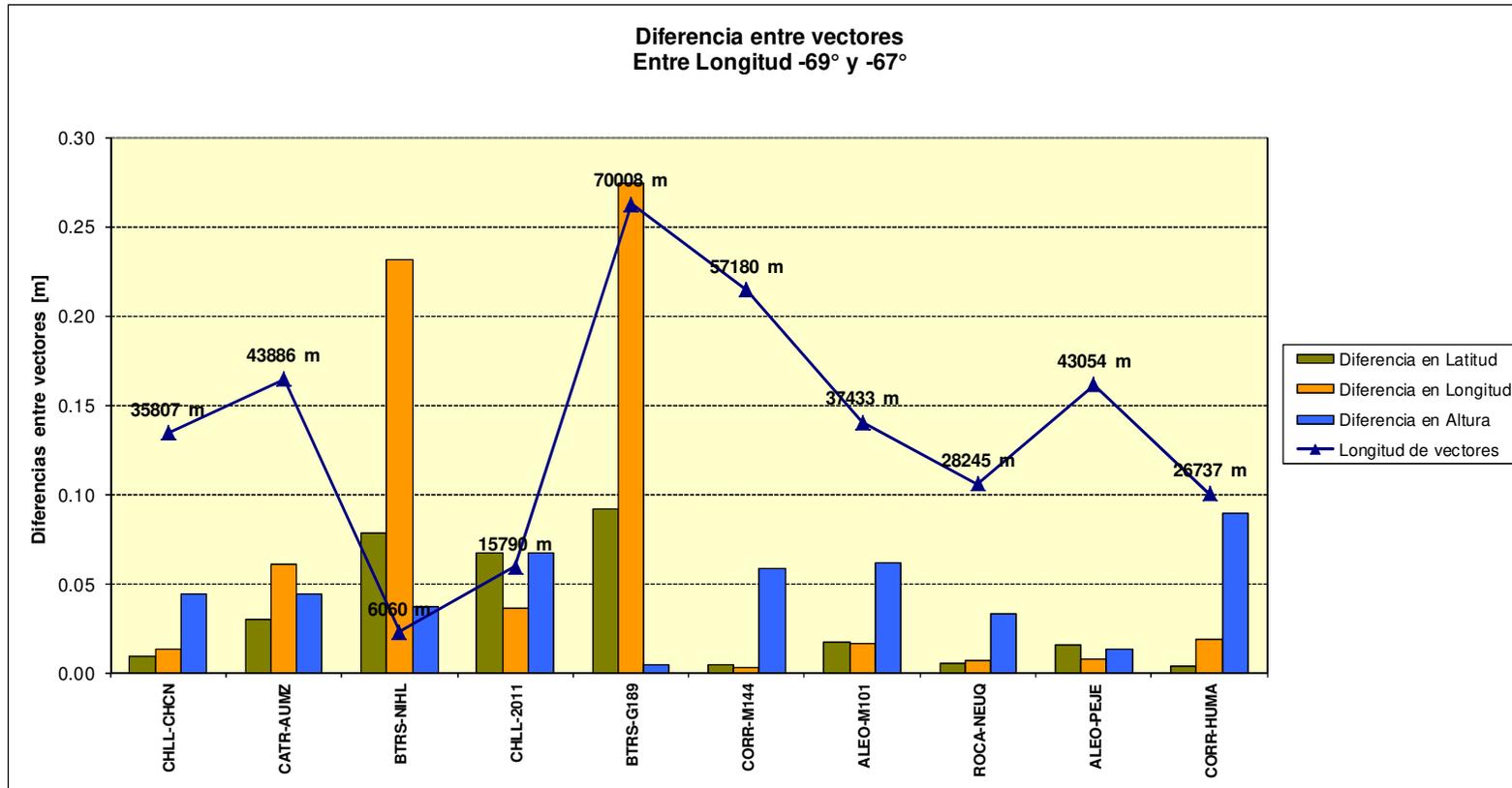
RELACIONES INSTITUCIONALES

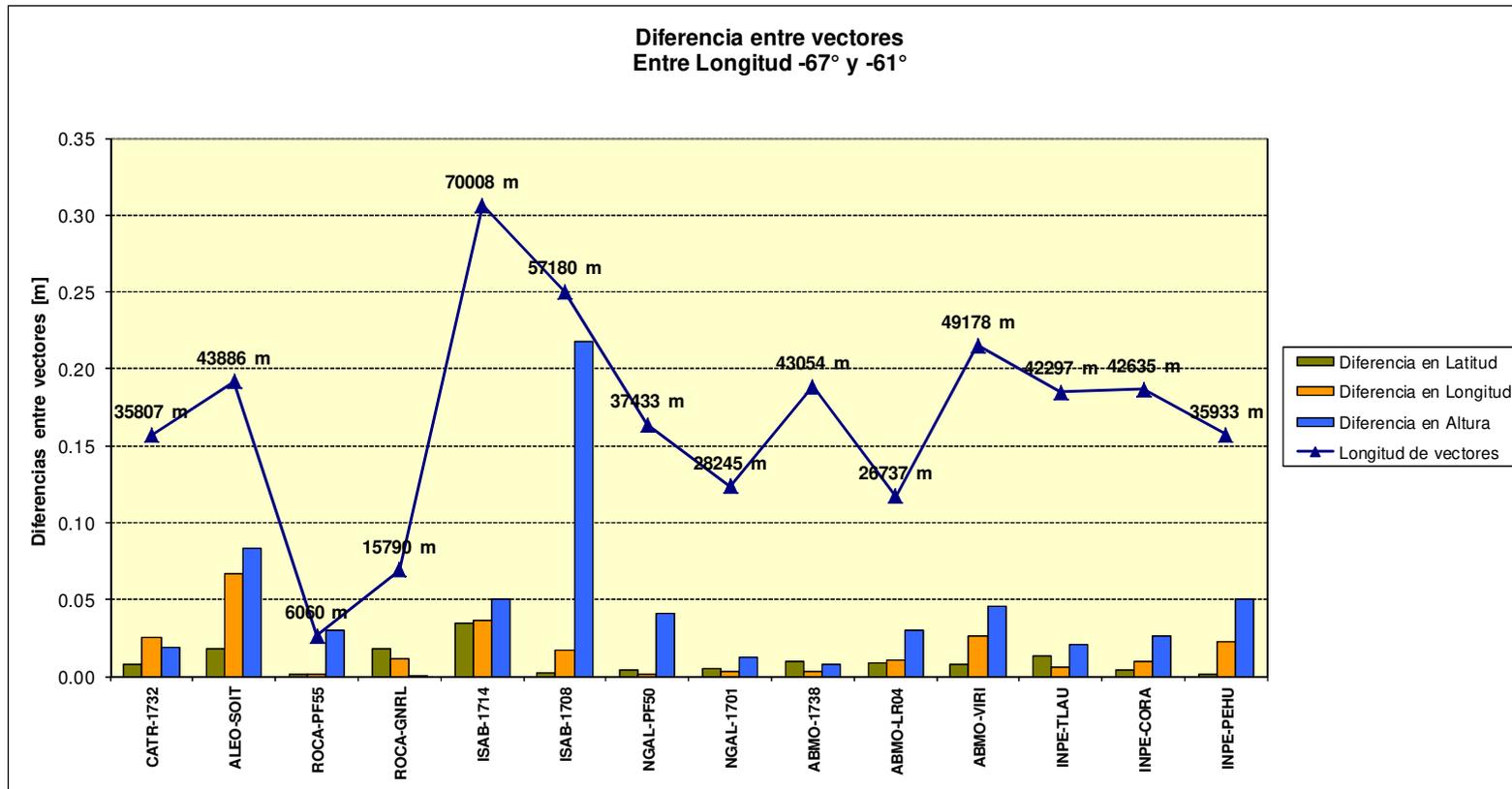












### UN-GGIM

El 27 de julio de **2011**, el **Consejo Económico y Social** (ECOSOC) reconoció la **necesidad de promover la cooperación internacional en el campo de la información geoespacial mundial**, y decidió establecer el **Comité de Expertos sobre la Gestión Global de Información Geoespacial** (UN-GGIM) mediante la Resolución ECOSOC 2011/24.

El **objetivo principal de UN-GGIM** es desempeñar un papel de liderazgo en el **establecimiento de la agenda para el desarrollo de la información geoespacial mundial** y promover su uso para hacer frente a los principales desafíos mundiales. Proporciona también un foro para el enlace y la coordinación entre los Estados Miembros, y entre los Estados Miembros y las Organizaciones Internacionales vinculadas con la producción de información geoespacial y estadística.





### Resolución

Reconoce “la **importancia económica y científica** y la creciente necesidad de contar con un marco de referencia geodésico mundial exacto y estable para la Tierra [...], como la base y referencia del lugar y la latitud para la información geoespacial, utilizada en muchas aplicaciones de la sociedad y de las ciencias de la Tierra, incluida la vigilancia del **nivel del mar** y del **cambio climático**, la **gestión de peligros naturales** y desastres, así como toda una serie de **aplicaciones industriales** (como la **minería**, la **agricultura**, el **transporte**, la **navegación** y la **construcción**, entre otras) en que la determinación precisa de la posición aumenta la eficacia”





### Objetivos de la Resolución

1. Desarrollar una **hoja de ruta geodésica global** para el GGRF
2. Lograr la **cooperación global para proporcionar asistencia técnica en el campo de la geodesia** a aquellos países que necesitan asegurar el desarrollo, la sostenibilidad y el avance de un GGRF
3. Implementar el **intercambio de datos geodésicos abierto**
4. Mejorar y mantener la **infraestructura geodésica** nacional
5. Aumentar la **cooperación multilateral que aborda las brechas y duplicaciones de infraestructura GGRF** a nivel mundial
6. Mejorar el alcance del GGRF para que sea más **visible y comprensible para la sociedad**

